

Екологічна безпека та раціональне природокористування

УДК 504.054

ПІДЗЕМНЕ ЗАХОРОНЕННЯ ВИСОКОМІНЕРАЛІЗОВАНИХ РОЗСОЛІВ КАЛУШ-ГОЛИНСЬКОГО РОДОВИЩА КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ У ВИСНАЖЕНІ РОЗРОБКОЮ ПОКЛАДИ ВУГЛЕВОДНІВ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ЗАХІД ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

О.Р.Манюк, О.Д.Мельник, Я.М.Семчук

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42027

e-mail: manukomv@rambler.ru

Проведено изучение особенностей геологического строения исследуемого района с целью выявления благоприятных геологических объектов и очерчивания последующей перспективы их использования для утилизации высокоминерализованного рассола Домбровского карьера Калуш-Голинского месторождения калийных солей. На основании проведенных исследований, обосновано наиболее благоприятный относительно захоронения рассола водоносный горизонт- НД-8А Гринивского газового месторождения. Экспериментально доказана его абсолютная совместимость с пластовыми водами объекта захоронения.

У сучасних умовах повсюдного забруднення довкілля особливо актуальним є питання екологічної безпеки під час розробки родовищ калійних солей. Одна з основних проблем, що зумовлює погіршення екологічної ситуації при розробці родовищ калійних солей, — скиди у поверхневі річкові стоки дренажних вод із суттєво перевищеним вмістом солей з водозбірників і шламосховищ. Їх утилізація є одним з найсерйозніших еколого-економічних завдань. Саме гірниче виробництво технологічно взаємозв'язане з процесами дії людини на навколишнє середовище. Стрімке зростання споживання природних ресурсів супроводжується не тільки зміною кількісних масштабів антропогенної дії, але і появою нових чинників, вплив яких на довкілля на сьогоднішній день стає домінуючим. Так, при розробці калійних родовищ утворюються і швидко збільшуються простори, які обумовлені гірськими виробками, відвалами порід і відходів переробки, негативний вплив яких розповсюджується на навколишні території, що охоплюють практично всі елементи біо-

The study of features of geological structure of the probed district is conducted with the purpose of exposure of favourable geological objects and outlining of subsequent prospect of their use for utilization of highlymineralized salt waters of Dombrovskiy quarry of Kalush-golin deposit of potassium salts. On the basis of the conducted researches, the most favorable is grounded in relation to the burial place of highlymineralized brine aquiferous horizon- ND-8A Grinivskogo gas deposit. His absolute compatibility is experimentally proved with layer waters of object of burial place.

сфери: водний і повітряний басейни, землю, надра, рослинний та тваринний світ.

Методи, які традиційно використовувались під час знешкодження цих відходів уже не можуть вважатися екологічно прийнятними і на сьогодні вони уже не вирішують повністю питань утилізації високомінералізованих розсолів, що з часом може призвести до значних екологічних катастроф. Так на сьогодні близько 10 млн.м³ рідкої фракції накопичено у кар'єрі та одному хвостосховищі Калуш-Голинського родовища калійних солей. Заповнення відходами близьке до межі проектного об'єму. При прориві дамб цих гідроспоруд розсоли можуть потрапити у водну систему річки Дністер та спричинити екологічну катастрофу регіонального масштабу. Створення екологічно безпечних технологій утилізації високомінералізованих розсолів є одним з першочергових завдань. Найбільш ефективним і економічним заходом на сьогодні є захоронення цих розсолів у виснажені розробкою поклади вуглеводнів.

Проведено вивчення вітчизняного та зарубіжного досвіду підземного захоронення промислових стічних вод. Наявні на сьогодні матеріали, практично по всіх регіонах світу, відображають результати досліджень цієї проблеми у різних аспектах. Особливий вклад у вивчення цієї проблеми внесли такі відомі вітчизняні та зарубіжні вчені як Адаменко О.М., Говдяк Р.М., Джиноридзе Н.М., Кузьменко Е.Д., Козлов С.С., Корінь С.С., Мироненко В.А., Семчук Я.М., Ризнич І.І., Роткін С.М., Рудько Г.І., Parker L.V., Hewitt A.D., Jenkins T.F., Miller G.D., Barcelona M.J., Helfrich J.A. та інші. За результатами досліджень були закладені теоретичні основи, а деякі з них впроваджені на практиці методи захисту навколишнього середовища в районі розробки калійних солей.

Так перші методичні розробки за гідрогеологічними дослідженнями з метою встановлення умов захоронення промислових відходів було складено у 1964 році Е.Е.Керкісом. Окремі питання по цій проблемі розроблялись і були в подальшому висвітлені в працях А.С.Белицького, В.М.Гольдеберга, В.М.Мироненка, Е.І.Орлової, Н.І.Плотнікова, В.М.Шестакова та інших [1].

З метою покращення екологічної ситуації на Калуш-Голинському родовищі калійних солей Я.М.Семчук [2] вперше запропонував і науково обґрунтував регульоване затоплення гірничих виробок шахти „Калуш”, ним запропоновано влаштування в основі солевідвалів хвостосховищ протифільтраційних екранів, локалізація утворених ареалів засолення підземних вод за допомогою баражних стінок, ін'єкційних та гідродинамічних зав'яз.

Ризнич І.І., Роткін С.М. [3] запропонували захоронення розсолів у глибокі водоносні горизонти юрських та верхньокрейдових відкладів Калуш-Голинського родовища калійних солей однак несумісність пластового розсолу і розсолу із хвостосховища унеможливили здійснення цього процесу, а подальші пошуки сприятливих об'єктів та дослідження у цьому напрямку були припинені.

Проте, незважаючи на значну кількість праць науковців, дисертацій та узагальнюючих монографій, які стосуються важливої проблеми щодо знешкодження та утилізації шкідливих відходів калійної промисловості, на сьогодні можна зазначити те, що питання які стосуються захоронення шкідливих відходів у глибокі водоносні горизонти виснажених розробкою покладів вуглеводнів мають здебільшого проблемний характер і є недостатньо обґрунтовані. Це обумовлює актуальність проведених досліджень, а відсутність досвіду з утилізації високомінералізованих розсолів у виснажені розробкою поклади вуглеводнів Передкарпаття є основною причиною постановки даної проблеми.

Проведено вивчення особливостей геологічної будови досліджуваного району з метою виявлення сприятливих геологічних об'єктів та окреслення подальшої перспективи їх використання для утилізації високомінералізованих

розсолів Домбровського кар'єру Калуш-Голинського родовища калійних солей.

При розгляді особливостей геологічної будови відповідної території нами враховувалися накопичені до цього часу геолого-геофізичні дані науково-дослідних колективів і окремих фахівців з УкрДГРІ, ІГТГК ІГННАН України, ІФНТУНГ та інших установ.

Проведено лабораторне дослідження порід баден-сарматської піщано-глинистої товщі, вивчення гідрогеологічних особливостей продуктивних горизонтів, вивчення стану гідродинаміки баденських продуктивних відкладів та прогноз зміни основних показників подальшої розробки Гринівського газового родовища. З врахуванням гідродинамічних умов, ємнісно-фільтраційних властивостей пластів-колекторів, наявності свердловин, які можуть використовуватись як поглинальні обрано та обґрунтовано найбільш сприятливий водоносний горизонт – об'єкт захоронення високомінералізованих розсолів, горизонт НД-8А. Водоносний колектор належить до пористих глинистих пісковиків, який залягає на глибині 850-1000 м. Води цього горизонту належать до хлоркальцієвого типу, а велика мінералізація, низький вміст сульфатів та гідрокарбонатів, перевага кальцію над магнієм свідчать, про те що ці відклади знаходяться в гідродинамічній зоні квазізастійного режиму водообміну. Пласти-колектори характеризуються хорошими фільтраційно-ємнісними властивостями. Пористість пісковиків становить 15%, проникність $1,75 \text{ мкм}^2$. Внаслідок розробки родовища пластовий тиск у горизонті НД8-А знизився від 7,0 до 3,2 МПа. Глинисті відклади вище залягаючих горизонтів стебницьких порід товщиною 750-800 м забезпечують надійну гідроізолюваність горизонту НД 8-А, усереднені значення параметрів продуктивних пластів горизонту НД 8-А, визначені на основі матеріалів експлуатаційних свердловин.

Отже, регіональне поширення, значна товщина і добрі фільтраційні властивості баденських відкладів, а також надійна регіональна водоупірність товща глинисто-галогенних порід неогену гарантують надійність захоронення високо мінералізованих розсолів у баденському комплексі відкладів зокрема водоносному горизонті НД-8А. Встановлено, що ємність горизонту, як полігону захоронення високомінералізованих розсолів становить $1,7 \times 10^9 \text{ м}^3$ при тому, що на сьогодні кількість надлишкових розсолів у кар'єрах Калуш-Голинського родовища калійних солей сягає 10 млн. м^3 .

Однією з важливих проблем при захороненні високомінералізованих розсолів у поглинаючі водоносні горизонти виснажених покладів вуглеводнів є оцінка сумісності розсолів, які нагнітаються у пласт, і пластових вод поглинального горизонту, несумісність яких приводить до швидкого зростання тиску на гирлі свердловин внаслідок кольтатації її прибіжної зони нерозчинним осадам.

Проведене моделювання дало можливість одержати відповіді на практичні питання:

Таблиця 1 — Хімічний склад розсолів до і після контакту з породою

Досліджувана речовина	Час контактування	Температура контактування	Густина, кг/м ³	Na ⁺ +K ⁺ , г/л	Ca ²⁺ , г/л	Mg ²⁺ , г/л	Cl ⁻ , г/л	SO ₄ ²⁻ , г/л
Хімічний склад розсолу із Домбровського кар'єру до контакту з породою								
Високомінералізований розсіл		75 ⁰ С	1237	104,50	0,01	22,03	177,12	46,44
Хімічний склад розсолу із Домбровського кар'єру після контакту з породою								
Високомінералізований розсіл	24 год	75 ⁰ С	1237	104,58	0,01	22,03	177,12	46,44
Хімічний склад високомінералізованого розсолу та води із річки Чечва у співвідношенні 1:1 до контакту з породою								
Суміш розсолу і води із річки Чечва у співвідношенні 1:1		75 ⁰ С	1119	52,26	0,01	11,03	88,59	23,27
Хімічний склад високомінералізованого розсолу та води із річки Чечва у співвідношенні 1:1 після контакту з породою								
Суміш розсолу і води із річки Чечва у співвідношенні 1:1	24 год	75 ⁰ С	1119	52,26	0,01	11,03	88,64	23,27

– наскільки сумісні дренажні розсоли з пластовими водами і у яких пропорціях слід змішувати ці розчини при підземному захопленні;

– чи можливе випадання твердого осаду при взаємодії вод різної солоності і відповідного погіршення фільтраційних властивостей колектора, ємності масиву.

На підготовчому етапі як початкові дані використовувалися результати аналізів проб розсолів, і аналіз вод хвостосховищ. Методика моделювання сумісності розсолів припускала попередню обробку початкових даних. Вона полягала в перерахунку результатів хімічного аналізу проб води для дотримання принципу електронейтральності не тільки в стандартних умовах (t=298K і P=101,325кПа), але і для реальних пластових умов, в яких відбуватимуться процеси розчинення-осадження (t=300-310K і P=2533,1кПа). Крім того, після кожного перерахунку хімічного складу всіх розчинів виконувалось визначення насиченості розчину щодо мінералів – кальциту, доломіту, гіпсу, як найбільш вірогідних сполук при кристалізації розчинів.

На першому етапі моделювалася взаємодія дренажних розсолів з породою-колектором поглинального горизонту. З цією метою були проведені експериментальні дослідження. У мірні колби на 200 мл поміщали по 40 г суміші керну і до помітки доливали високо мінералізований розсіл із Домбровського кар'єру (в одну колбу), а в іншу суміш високо мінералізованого розсолу та води із річки Черва у співвідношенні 1:1. Колби збовтувались і залишались в термостатах на добу при температурі 75⁰С. Після ви-

тримки у термостаті розчини відфільтровувалися і аналізувалися.

За результатами хімічного аналізу розсолу і суміші розсолу та води із річки Чечва до і після контакту з пісковиками продуктивного горизонту (таблиця 1) можна зробити висновок, що хімічної взаємодії між розсолом і породою практично не відбувається. Деяке зростання вмісту хлоридів проходить здебільшого за рахунок залишкових солей пластових вод, які знаходяться в керні що дає підставу стверджувати про відсутність процесів хімічної коагуляції.

Другий етап моделювання включав дослідження змішування: пластових розсолів і сульфатно-хлоридних кальцієвих вод хвостосховища.

За візречь розсолу була взята проба, яка відібрана із хвостосховища Домбровського кар'єру і являла собою високомінералізовану суміш хлоридно-натрієвого-сульфатного типу з мінералізацією 200-370 г/л. Візрцем усередненої пластової води слугували води відібрані із водоносного горизонту НД 8-А з свердловин Гринівського газового родовища в процесі дослідження свердловин, методом пробних відборів.

Із ефективної товщі було відібрано по 5 проб пластових розсолів для досліджень. А також було відібрано 10 проб високомінералізованих розсолів із Домбровського хвостосховища.

Експериментальні обґрунтування сумісності розсолів та пластових вод проводилось в лабораторних умовах, як уже зазначалось раніше, шляхом змішування представницьких візрців розсолів (відібраних із хвостосховища

Таблиця 2 — Результати експериментального лабораторного моделювання сумісності високомінералізованих розсолів Домбровського кар'єру та пластової води водоносного горизонту НД-8А Гринівського родовища

Досліджувана речовина	pH	Густина, кг/м ³	Na ⁺ +K ⁺ , г/л	Ca ²⁺ , г/л	Mg ²⁺ , г/л	Cl ⁻ , г/л	SO ₄ ²⁻ , г/л	Загальна мінералізація, г/л
Пластова вода	6,8	1124	53,83	12,04	3,89	19,50	82,34	171,6
Високомінералізований розсіл	6,2	1237	104,50	0,01	22,03	177,12	46,44	350,10
Суміш розсолу і пластової води у співвідношенні 1:1	7,2	1181	79,17	6,03	12,96	98,31	64,39	260,85
Суміш розсолу і пластової води у співвідношенні 2:1	7,2	1199	87,61	4,02	15,98	124,58	58,41	290,60
Суміш розсолу і пластової води у співвідношенні 3:1	7,3	1209	91,83	3,02	17,50	137,72	55,42	305,48
Суміш розсолу і пластової води у співвідношенні 4:1	7,3	1214	94,37	2,42	18,40	145,60	53,62	314,40
Суміш розсолу і пластової води у співвідношенні 5:1	7,4	1218	96,06	2,02	19,01	150,85	52,42	303,68

Домбровського кар'єру) і пластових вод водоносного горизонту НД 8-А в об'ємних співвідношеннях 1:1; 1:2; 1:3; 1:4; 1:5.

Приготовлені суміші як у тефлонових так і в скляних колбах (для того щоб зняти вплив матеріалу ємності лабораторного посуду, який може впливати на кількісні характеристики компонентів в розчині) залишалися на протязі 30 днів у лабораторії при стандартних умовах, із щоденним спостереженням за змінами, які відбувались. Перш за все візуально спостерігалось можливе випадання осаду та можливе виділення газів. Отже, проби таким чином вигримувались на протязі 30 діб при стандартних умовах ($t=298\text{K}$ і $P=101,325\text{kPa}$), при цьому видимих змін не спостерігалось. Рідина залишалась безбарвною, осад не утворювався. Після цього суміші фільтрувались і виконувався кількісний аналіз основних компонентів. Усереднені дані отриманих результатів досліджень у тефлонових та скляних колбах наведені у таблиці 2.

У високомінералізованих розсолах кількість іонів Ca^{2+} і SO_4^{2-} менше ніж у пластовій воді. А лужні метали Na, K, Cl більше ніж у пластовій воді. Тому при утворенні суміші розсолу і пластової води із збільшенням співвідношення розсолу концентрації Ca^{2+} і SO_4^{2-} повинні понижуватися а інших компоненти не вступають в хімічну реакцію то при збільшенні співвідношення розсолів і пластової води із 1:1 до 5:1 концентрація компонентів повинна змінюватись лінійно. Як видно із рисунку 1, зміна концентрації іонів і загальна мінералізація розчину відбувається по лінійному закону, що

виключає хімічні взаємодії при утворенні сумішей. Це пояснюється однотипністю іонно-сольового складу вод і, абсолютною сумісністю розчинів.

Експериментальні дані показали, що для запобігання випадання солей типу мірабіліту бажане розбавлення розсолу річковою водою до співвідношення у межах 1:1 і до 9:1. Для вивчення впливу розбавлення на стабільність розсолів готовились проби з об'ємним співвідношенням розсіл – прісна вода у співвідношеннях 1:1, 2:1, 3:1, 6:1, 9:1. Як розсіл так і прісну воду попередньо фільтрували. Розбавленні проби розсолу і води витримувались у спеціальних колбах протягом місяця. За цей час практично у всіх пробах не спостерігалось випадання осаду або помутніння (результати проведених досліджень приведено у таблиці 3. Як видно з таблиці 3 стабільність розсолів досягається розчиненням їх прісною водою при будь-якому співвідношенні з врахуванням того, що із збільшенням розбавленості розсолу знижується насиченість по гіпсу, і по розчинених солях. Можна говорити про те, що практично придатні до нагнітання в свердловину розсоли всіх співвідношень. При цьому із зростанням розбавленості розсолів прісною водою ступінь недонасиченості їх по гіпсу згідно проведених досліджень зростає.

В результаті проведених досліджень обрано та обґрунтовано найбільш сприятливий щодо захоронення високомінералізованих розсолів водоносний горизонт НД-8А Гринівського газового родовища. Експериментально доведено абсолютну сумісність високомінералізованих розсолів та пластових вод об'єкту захоронення.

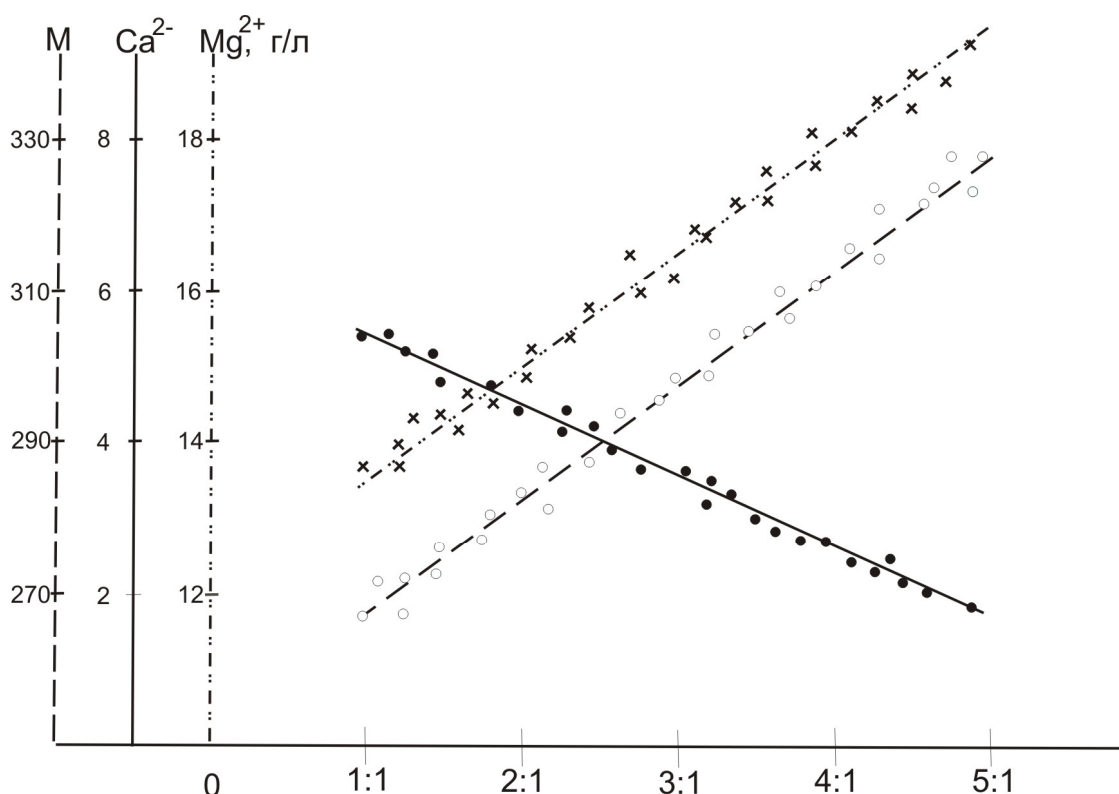


Рисунок 1 — Узагальнюючий графік зміни загальної мінералізації (Ca^{2+} , Mg^{2+}) у відповідному співвідношенні суміші високомінералізованого розсолу та пластової води

Таблиця 3 — Результати експериментального лабораторного моделювання процесу розбавлення на стабільність розсолів з метою їх подальшого нагнітання у водоносний горизонт НД-8А Гринівського газового родовища

Проби	Густина, кг/м^3	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$, г/л	Ca^{++} , г/л	Mg^{++} , г/л	Cl, г/л	SO_4^{2-} , г/л	Загальна мінералізація, г/л
Вихідна проба (високомінералізований розсіл)	1237	104,50	0,01	22,03	177,12	46,44	350,10
Вода із ріки Чечва, pH=7,85	1000	0,019	0,01	0,032	0,056	0,094	0,211
Розсіл розбавлений у співвідношенні 9:1	1024	10,47	0,01	2,23	17,76	4,72	35,20
Розсіл розбавлений у співвідношенні 6:1	1034	14,94	0,01	3,17	25,35	6,71	50,20
Розсіл розбавлений у співвідношенні 3:1	1059	26,14	0,01	5,53	44,32	11,68	87,68
Розсіл розбавлений у співвідношенні 2:1	1079	34,85	0,01	7,36	59,08	15,54	116,84
Розсіл розбавлений у співвідношенні 1:1	1119	52,26	0,01	11,03	88,59	23,27	175,16

Література

1 Гольдберг В.М., Соколов Е.С., Леви В.Я. Прогнозная оценка возможностей захоронения промстоков на конкретных объектах // Гидрогеологические вопросы подземных захоронений промстоков. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1969. – № 14. – С. 54-58.

2 Семчук Я.М., Корінь С.С., Мосора Т.М. Розробка рекомендацій по організації сітки спостереж-

них свердловин над шахтними полями рудника "Калуш": Звіт / НДІ „Галургія”. – Калуш, 1992. – 28 с.

3 Джиноридзе Н.М., Поликарпов АИ., Телегин В.П., Корінь С.С., Ратникова Г.Н., Рудашевская Н.С. Геология Восточного поля Калуш-Гольнского калийного месторождения // В кн.: Геология месторождений калийных солей и их разведка: Труды ВНИИГ. – Л., 1988. – Вип. 64. – С. 3-19.